



#5

JC872 U.S. PTO  
09/883039  
06/15/01

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 30 MAI 2001

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04  
Télécopie : 01 42 93 59 30  
<http://www.inpi.fr>

DD 267161000

ETABLISSEMENT PUBLIC NATIONAL CREE PAR LA LOI N° 51-444 DU 19 AVRIL 1951

BEST AVAILABLE COPY



INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

# BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI




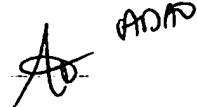
N° 11354\*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 540 W / 260899

<b>REMISE DES PIÈCES</b> DATE 22-06-00 LIEU 99 N° D'ENREGISTREMENT 0008115 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 22 JUIN 2000		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE  Jacques BAUVIR c/o SGD/LG/PI-LAD 63040 CLERMONT-FERRAND CEDEX 09	
<b>Vos références pour ce dossier</b> (facultatif) P10-1226			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date / /
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date / /
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	Date / /
Demande de brevet initiale		N°	Date / /
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b>  Pneumatique renforcé par un élément composite longiligne de type monofilamentaire, ainsi qu'un tel élément.			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		CONCEPTION ET DEVELOPPEMENT MICHELIN S. A.	
Prénoms			
Forme juridique		Société Anonyme	
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	Route André Piller 30	
	Code postal et ville	1762	GIVISIEZ
Pays		Suisse	
Nationalité		Suisse	
N° de téléphone (facultatif)		(33) 4 73 10 73 68	
N° de télécopie (facultatif)		(33) 4 73 10 86 96	
Adresse électronique (facultatif)			

REMISE DES PIÈCES <b>22.06.00</b>		Réservé à l'INPI	
DATE			
LIEU <b>99</b>			
N° D'ENREGISTREMENT <b>0008115</b>			
NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		DB 540 W / 260899	
<b>Vos références pour ce dossier :</b> (facultatif)			
<b>6 MANDATAIRE</b>			
Nom		BAUVIR	
Prénom		Jacques	
Cabinet ou Société			
N ° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		PG 7114	
Adresse	Rue	Service SGD/LG/PI-LAD	
	Code postal et ville	63040	CLERMONT-FERRAND CEDEX 09
N° de téléphone (facultatif)		(33) 4 73 10 73 68	
N° de télécopie (facultatif)		(33) 4 73 10 86 96	
Adresse électronique (facultatif)			
<b>7 INVENTEUR (S)</b>			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		<b>Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques.</b> <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		<b>Uniquement pour les personnes physiques</b> <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire) Jacques BAUVIR Mandataire 422-5/PP.187		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>  	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

L'invention concerne un pneumatique ou une roue élastique non pneumatique en élastomère renforcé. L'invention vise notamment à substituer aux câbles, notamment à ceux en acier ou en aramide, utilisés pour renforcer des pneumatiques, un nouvel élément de renforcement.

5

Un élément de choix, largement utilisée pour renforcer les pneumatiques est le câble d'acier. On sait que la technique de câblage permet à l'élément de renforcement d'accéder à des rayons de courbure relativement faibles tout en lui permettant de supporter des sollicitations importantes. Un grand nombre de fils élémentaires de très petite section sont assemblés de façon à ce que, malgré une section cumulée suffisamment importante pour atteindre le

10 potentiel de résistance recherché, chaque section individuelle reste suffisamment faible pour autoriser des rayons de courbures petits sans atteindre des déformations plastiques permanentes.

15 Le recours à un assemblage d'éléments de faible section permet aussi dans le cas de l'acier de limiter la rigidité de flexion. Par rigidité de flexion, on comprend le produit du module de Young par le moment d'inertie de la section.

Beaucoup d'autres matières sont utilisées, notamment des matières textiles. On peut citer la rayonne, le Nylon, ou pour citer une matière plus moderne, l'aramide. Mais la plupart des utilisations ne permettent pas d'éviter de devoir assembler plusieurs fils de faible section pour pouvoir atteindre des performances de transmission d'efforts et d'aptitude à la déformation requises. Malheureusement, le fait de recourir à un assemblage, le plus souvent du retordage dans le cas du textile, peut limiter les propriétés de module en extension et ne

25 confère pas ou peu de rigidité de flexion à l'assemblage. Par contre, la taille microscopique des filaments élémentaires qui constituent les filés textiles permet de subir des rayons de courbure relativement petits. Si dans la ceinture d'un pneu radial les retors textiles procurent un gain de poids bénéfique à certains aspects de la résistance au roulement et éliminent les problèmes de corrosion, leur manque de rigidité en flexion, et dans certains cas de module en

30 extension, ne permet pas de garantir l'excellente stabilité de guidage et la résistance à l'usure de la ceinture en acier.

Pour augmenter la rigidité de flexion, on peut faire appel à des produits textiles polymériques de haut module de Young sous forme de monofilaments, par exemple des monofilaments

d'aramide de 0.16 à 0.2 mm, et les câbler à l'instar des fils d'acier. A titre d'illustration, citons le brevet WO92/12018. Cependant, le très faible seuil critique intrinsèque de compression de ce type de produit, définit comme la déformation maximale en compression avant effondrement de la structure, rend l'assemblage très fragile vis-à-vis des sollicitations en compression. Il peut en résulter une dégradation rapide et irréversible en compression des assemblages. D'où la grande difficulté d'utiliser autre chose que de l'acier pour des nappes de triangulation dans la ceinture des pneumatiques, car la dérive d'un pneu provoque une flexion sur chant de la ceinture située sous la bande de roulement, ce qui sollicite en compression certaines parties des renforts.

10

Une autre manière d'utiliser les fibres textiles à haut module et haute ténacité (aramide, polyester aromatique -Vectran-, polybenzobisoxazole) consiste à réaliser un composite unidirectionnel longiligne utilisé sans câblage ou opération équivalente. Selon la teneur en volume du renfort, il est possible d'obtenir un module de Young supérieur à celui d'un retors. Le module de flexion est très proche du module d'extension et il existe une véritable rigidité de flexion, modulable en fonction du choix de la taille et de la forme de la section. De tels produits ont cependant une faiblesse intrinsèque en compression, c'est-à-dire une faible contrainte de rupture en compression liée à l'utilisation de fibres textiles qui ont elles-mêmes un faible, voire très faible seuil critique de déformation en compression. Or on sait qu'un emploi en renforcement de ceinture pour pneumatiques radiaux requiert une aptitude suffisante du renfort à résister à la compression.

20

L'objectif de l'invention est de proposer un pneumatique de moindre poids, ayant d'excellentes propriétés de guidage et de durabilité, en utilisant des éléments composites longilignes. En particulier, l'invention propose de substituer aux câbles aciers de la ceinture des éléments composites longilignes monofilamentaires, c'est à dire non câblés.

25

L'invention concerne donc un bandage en élastomère comportant des renforts, dans lequel un renfort au moins est un élément composite longiligne monofilamentaire, dont le matériau constitutif comporte des fibres de verre en grandes longueurs, lesdites fibres de verre étant imprégnées dans une résine thermodurcie ayant une température de transition vitreuse  $T_g$  supérieure à 130°C, dans lequel lesdites fibres sont toutes parallèles entre elles, ledit matériau constitutif ayant une déformation élastique en compression au moins égal à 3%,

30

ayant en flexion une contrainte de rupture en compression supérieure à la contrainte de rupture en extension.

On désigne par « bandage » aussi bien les pneumatiques conçus pour fonctionner sous une certaine pression de gonflage nominale que les roues élastiques non pneumatiques (appelées communément « non pneumatic tires »)

L'invention permet de substituer dans les deux nappes superposées les câbles d'acier par des éléments composites longilignes.

10

La figure 1 jointe illustre un pneumatique renforcé comme proposé par la présente invention.

15 Au passage, mentionnons que ledit élément composite longiligne, après avoir été fabriqué par exemple par pultrusion, peut être recouvert d'une couche de colle résorcinol formaldéhyde latex (RFL), afin de permettre une bonne adhésion à un élastomère vulcanisable au soufre, comme bien connu en soi.

20 La figure jointe illustre une application tout particulièrement intéressante, mais non limitative, à un pneumatique 10 pour véhicule de tourisme, comportant une bande de roulement 13, deux flancs 12, une carcasse radiale 14 ancrée de part et d'autre dans un bourrelet 11. Un élément composite longiligne de type monofilamentaire, ayant les propriétés indiquées, renforce la partie du pneumatique située sous la bande de roulement 13.

25

Dans cette application particulière, lequel ledit élément composite longiligne est disposé en tronçons 15 parallèles allant d'une épaule à l'autre épaule, les tronçons étant arrangés en au moins deux nappes superposées radialement, les tronçons étant disposés en angles de signes contraires d'une nappe à l'autre. Dans cette application aux nappes formant une triangulation avec la carcasse radiale, la valeur absolue dudit angle est typiquement comprise 60° et 10°.

30

Pour satisfaire aux rayons de courbure, par exemple caractéristiques du travail des nappes de triangulation de la ceinture d'un pneumatique, il faut trouver une bonne combinaison entre les propriétés de la résine, du renfort et la taille de la section du composite longiligne. Un

certain niveau d'aptitude à la déformation en extension de la fibre renfort n'est pas suffisant pour garantir de la part du composite en flexion une performance à la hauteur de l'allongement à la rupture en extension. Les meilleurs résultats de flexion du composite en terme de déformations relatives sont obtenus avec des fibres présentant des propriétés  
5 mécaniques équilibrées en traction et en compression. La fibre de verre entre dans cette catégorie.

En outre, la résine doit être choisie pour donner en toutes circonstances suffisamment de cohésion entre les fibres textiles. Avec une fibre moins bien équilibrée en traction et  
10 compression, par exemple de l'aramide, on retrouve immédiatement, en compression du composite, la faiblesse en compression de la fibre textile. En ce qui concerne la résine, elle doit assurer à tout moment suffisamment de cohésion entre les fibres pour éviter un effondrement rapide en compression suite à un micro flambage des fibres dans la résine.

15 De préférence, le matériau constitutif de l'élément composite longiligne utilisé est tel que le module initial de compression de et le module initial d'extension valent au moins 30 GPa, et la contrainte de rupture en compression au moins égale à 0.7 GPa.

Les résines vinyl-esters ou les epoxys répondent bien aux souhaits exprimés ci-dessus.  
20 L'allongement à la rupture de la résine est de préférence aussi choisi en fonction du potentiel de déformation des fibres. La fibre de verre E ou R ayant un allongement à la rupture en extension et en compression conséquent, il est possible d'utiliser des monofilaments de section importante, de l'ordre du millimètre si la forme est cylindrique, tout en garantissant un rayon de courbure minimum parfaitement compatible avec les déformations de la  
25 ceinture. Ceci procure une rigidité de flexion suffisante pour éviter, lors de sollicitations en forte dérive, des flambages locaux destructifs. La fibre de verre E offre un bon compromis entre le prix de revient et les propriétés mécaniques. Ceci n'exclut pas l'utilisation du verre R pour des applications plus exigeantes. La teneur en fibres est de préférence comprise entre 60% et 80% de la masse globale du matériau constitutif, la densité du matériau constitutif  
30 étant de préférence inférieure à  $2.2 \text{ g/cm}^3$ , et avantageusement comprise entre 1.66 et  $2.03 \text{ g/cm}^3$ .

On peut fabriquer avantageusement un tel élément composite longiligne en continu par pultrusion. C'est une technique connue pour permettre de mettre en œuvre des fibres de renforcement longues. Il s'agit de dérouler les fibres de longueur illimitée, et de les plonger dans un bain de résine pour en assurer l'imprégnation. Ensuite, on les tire au travers d'une  
5 filière chauffée, puis au travers d'une enceinte chauffée où s'effectue la polymérisation. On peut de cette façon tirer en grande longueur et en continu des produits de section quelconque, dictée par la forme de la filière.

On part d'un filé (ou roving) comportant en général un grand nombre (de l'ordre de plusieurs  
10 centaines) de filaments élémentaires d'un diamètre de quelques microns, ces filaments étant tous côte à côte, donc sensiblement parallèles entre eux, à quelques chevauchements près. S'il est en effet impossible de garantir un rangement des filaments absolument parfaitement en parallèle, on veut indiquer par l'expression " sensiblement parallèlement entre eux " qu'il ne s'agit pas d'un câblé ou d'une tresse et que les filaments sont disposés parallèlement, à la  
15 précision géométrique de l'arrangement près.

Une autre possibilité connue, appropriée notamment à la fabrication discontinue de tronçons d'élément composite longiligne, consiste à disposer les fibres de renforcement comme on le souhaite dans un moule, à faire le vide et enfin à imprégner les fibres par la résine. Le vide  
20 permet une imprégnation des fibres très efficace.

La comparaison qualitative des propriétés en extension et en compression des éléments longilignes selon l'invention est aisément réalisable en appliquant le principe du test dit de  
25 boucle (D. Sinclair, J. App. Phys. 21, 380 (1950)). Dans l'utilisation présente de ce test, on réalise une boucle que l'on amène au point de rupture. La nature de la rupture, facilement observable en raison de la grande taille de la section, permet immédiatement de se rendre compte que l'élément composite longiligne, sollicité en flexion jusqu'à rupture, se rompt du côté où la matière est en extension. La géométrie de la boucle juste avant rupture permet en  
30 outre de déterminer le rayon de courbure minimale que peut supporter l'élément composite longiligne.

En outre, après avoir rappelé que la rigidité de flexion est définie par l'équation  $R = E \cdot I$  où  $E$  est le module de Young et  $I$  le moment d'inertie de la section, dans la comparaison d'un



élément composite longiligne selon l'invention et d'un renfort de type câble d'acier, l'aspect massif (par opposition à un renfort câblé) permet d'offrir un moment d'inertie de section important, qui compense un module de Young intrinsèquement plus faible pour l'élément composite longiligne à base de fibres de verre que pour un câble en acier. Cependant en

5 raison des déformations élastiques importantes en traction et en compression de l'élément composite longiligne, l'aspect massif n'est pas rédhibitoire pour les rayons de courbure atteints en particulier dans le renforcement des pneumatiques

On a comparé un élément composite longiligne à un câble d'acier dans l'application au

10 renforcement sous la bande de roulement d'un pneumatique. La référence pour cette comparaison est un câble d'acier 6.23NF. Sa rigidité "R":  $R \cong 160 \text{ Newton} \cdot \text{mm}^2$ . Dans cet exemple, le câble non fretté est composé de 6 fils de 0.230 mm de diamètre. Le moment d'inertie de l'assemblage est approché comme étant 6 fois le moment d'inertie de chaque fil élémentaire (voir "Platt, M. M., Klein, W. G. and Hamburger, W. J., Textile Research

15 Journal 29, 627 (1959)"). La rigidité d'un élément composite longiligne de 0.9mm de diamètre, ayant une teneur en masse de renfort de 76% et un module de Young de 40000 MPa est :  $R \cong 1170 \text{ Newton} \cdot \text{mm}^2$ .

Pour vérifier la bonne endurance à la compression de l'élément composite longiligne, dans

20 son application comme renfort dans le pneumatique, on a soumis un élément composite longiligne de section circulaire, formant une boucle pour le test de boucle cité ci-dessus, à une flexion ondulée culminant à 1.3% de déformation. Après  $10^7$  cycles à 1.3% de déformation imposée, la force de traction dont est capable l'élément composite longiligne a perdu moins de 4%. Considérant qu'une déformation de 1.3% est supérieure à la déformation

25 plastique d'un câble acier usuel, on comprend qu'un tel élément composite longiligne peut se substituer aisément à un câble acier dans une ceinture sous la bande de roulement d'un pneumatique, sans risque d'être pénalisé par les sollicitations répétitives en compression auxquelles est soumis ce type de renfort.

30 Pour illustrer l'invention on a réalisé deux enveloppes de pneumatique de dimension 185/65 R14 86V. Dans la première enveloppe A, conforme à l'invention, un élément composite longiligne de type monofilamentaire est utilisé pour les tronçons 15 (voir figure) dans les nappes sous la bande de roulement 13. Dans la deuxième enveloppe B, non conforme à

l'invention, on utilise un câble d'acier à la place de l'élément composite longiligne de type monofilamentaire.

Les nappes renforts sont constituées comme suit :

5 Enveloppe A

monofilament :	section circulaire de 0.88 mm
pas de pose :	1.8 mm
angle entre les nappes :	23°
résistance de nappe :	444 daN/cm

10

Enveloppe B

câble d'acier :	6 fils de 0.230 mm torsadés
pas de pose :	1.4 mm
angle entre les nappes :	25°
résistance de nappe :	444 daN/cm

15

Les poids des enveloppes sont les suivants :

enveloppe A, conforme à l'invention :	7.65 kg
enveloppe B, témoin à fils d'acier :	8.16 kg

20

Après roulage sur véhicule, toutes autres conditions égales par ailleurs, chaque enveloppe développe la même poussée de dérive de 119 daN, illustrant que l'élément composite longiligne de type monofilamentaire de l'invention est adapté à l'application illustrée.

25 L'invention s'étend à un élément composite longiligne, de longueur très grande par rapport à la section, dont le matériau constitutif comporte des fibres de verre en grandes longueurs, lesdites fibres de verre étant imprégnées dans une résine thermodurcie ayant une température de transition vitreuse  $T_g$  supérieure à 130°C, et de préférence supérieure à 140°C, dans lequel lesdites fibres sont toutes parallèles entre elles, la teneur en fibres étant comprise entre 60% et 80% de la masse globale du matériau constitutif, la densité du matériau constitutif étant inférieure à 2.2 g/cm<sup>3</sup>, ledit élément composite longiligne ayant en flexion une contrainte de rupture en compression supérieure à la contrainte de rupture en extension, ledit matériau constitutif ayant une déformation élastique en compression au moins égal à 3%.

30

Avantageusement, la densité, la valeur minimale de la contrainte de rupture en compression et la valeur minimale du module initial de compression du matériau constitutif et du module initial d'extension du matériau constitutif sont celles indiquées ci-dessus. La section dudit élément composite longiligne est par exemple circulaire, un diamètre typique d'une application au renforcement des pneumatiques étant supérieur à 0.4 mm. Un aspect particulier de l'élément composite longiligne a trait à la déformation élastique en extension de son matériau constitutif, qui est sensiblement égale à la déformation élastique en compression. Un autre aspect particulier de l'élément composite longiligne a trait à son module initial d'extension, qui est sensiblement égal au module initial de compression.

## REVENDECATIONS

1. Bandage en élastomère comportant des renforts, dans lequel un renfort au moins est un  
5 élément composite longiligne monofilamentaire, dont le matériau constitutif comporte des  
fibres de verre en grandes longueurs, lesdites fibres de verre étant imprégnées dans une  
résine thermodurcie ayant une température de transition vitreuse  $T_g$  supérieure à 130°C, dans  
lequel lesdites fibres sont toutes parallèles entre elles, ledit matériau constitutif ayant une  
déformation élastique en compression au moins égal à 3%; ayant en flexion une contrainte de  
10 rupture en compression supérieure à la contrainte de rupture en extension.
2. Bandage selon la revendication 1, dans lequel le matériau constitutif dudit élément  
composite longiligne a une déformation élastique en extension sensiblement égale à la  
déformation élastique en compression et a un module initial d'extension sensiblement égal  
15 au module initial de compression.
3. Bandage selon la revendication 1 ou 2, dans lequel ledit élément composite longiligne est  
recouvert d'une couche de colle résorcinol formaldéhyde latex (RFL).
- 20 4. Bandage selon l'une des revendications 1 à 3, dans lequel ledit élément composite  
longiligne renforce la partie du pneumatique située sous la bande de roulement.
5. Bandage selon l'une des revendications 1 à 4, dans lequel ledit élément composite  
longiligne est disposé en tronçons parallèles allant d'une épaule à l'autre épaule, les tronçons  
25 étant arrangés en au moins deux nappes superposées radialement, les tronçons étant disposés  
en angles de signes contraires d'une nappe à l'autre.
6. Bandage selon la revendication 5, dans lequel la valeur absolue dudit angle est comprise  
60° et 10°.  
30
7. Bandage selon l'une des revendications 1 à 6, dans lequel la teneur en fibres est comprise  
entre 60% et 80% de la masse globale du matériau constitutif, la densité du matériau  
constitutif étant inférieure à 2.2 g/cm<sup>3</sup>.

8. Bandage selon la revendication 2, dans lequel le module initial de compression de l'élément composite longiligne et le module initial d'extension valent au moins 30 GPa.

5 9. Bandage selon l'une des revendications 1 à 8, dans lequel l'élément composite longiligne a une contrainte de rupture en compression au moins égale à 0.7 GPa.

10. Bandage selon l'une des revendications 1 à 9, dans lequel l'élément composite longiligne a une section circulaire.

10 11. Bandage selon la revendication 10, dans lequel le diamètre de ladite section circulaire est supérieur à 0.4 mm.

15 12. Élément composite longiligne, de longueur très grande par rapport à la section, dont le matériau constitutif comporte des fibres de verre en grandes longueurs, lesdites fibres de verre étant imprégnées dans une résine thermodurcie ayant une température de transition vitreuse  $T_g$  supérieure à 130°C, dans lequel lesdites fibres sont toutes parallèles entre elles, la teneur en fibres étant comprise entre 60% et 80% de la masse globale du matériau constitutif, la densité du matériau constitutif étant inférieure à 2.2 g/cm<sup>3</sup>, ledit élément composite longiligne ayant en flexion une contrainte de rupture en compression supérieure à la  
20 contrainte de rupture en extension, ledit matériau constitutif ayant une déformation élastique en compression au moins égal à 3%.

25 13. Élément composite longiligne selon la revendication 12, dans lequel la densité du matériau constitutif est comprise entre 1.66 et 2.03 g/cm<sup>3</sup>

14. Élément composite longiligne selon la revendication 12 ou 13, dans lequel le matériau constitutif a une déformation élastique en extension sensiblement égale à la déformation élastique en compression et a un module initial d'extension sensiblement égal au module initial de compression.

30 15. Élément composite longiligne selon l'une des revendications 12 à 14, dans lequel le module initial de compression du matériau constitutif et le module initial d'extension valent au moins 30 GPa.

16. Élément composite longiligne selon l'une des revendications 12 à 15, dans lequel le matériau constitutif a une contrainte de rupture en compression au moins égale à 0.7 GPa.

17. Élément composite longiligne selon l'une des revendications 12 à 16, ayant une section  
5 circulaire.

18. Élément composite longiligne selon la revendication 17, dans lequel le diamètre de ladite section circulaire est supérieur à 0.4 mm.

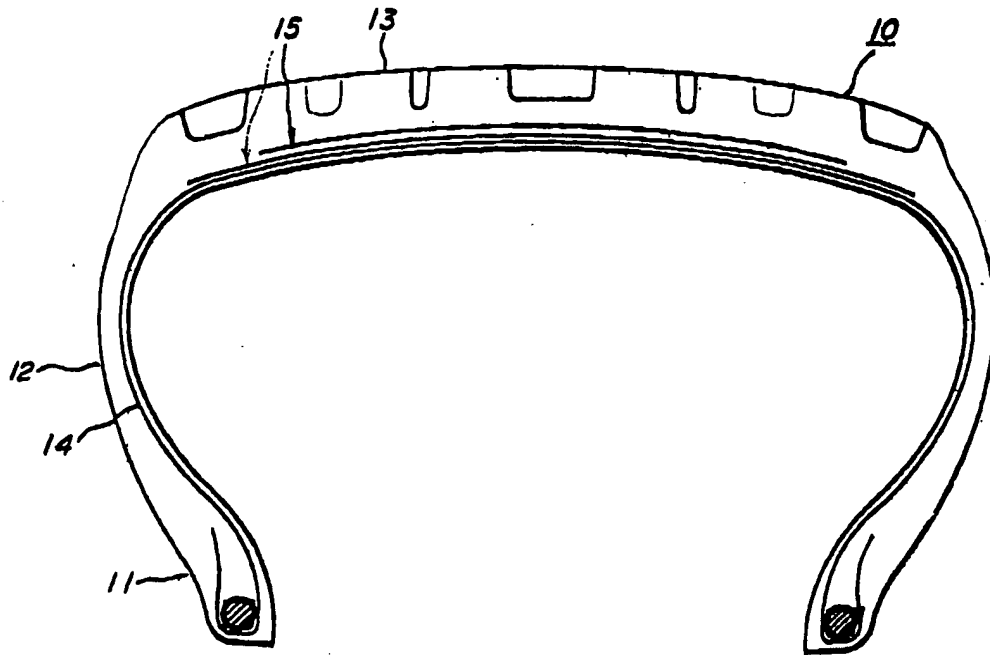


Fig. 1